



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**  
**DE 41 02 459 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 02 B 6/38**  
G 02 B 6/255

②1 Aktenzeichen: P 41 02 459.1  
②2 Anmeldetag: 28. 1. 91  
④3 Offenlegungstag: 30. 7. 92

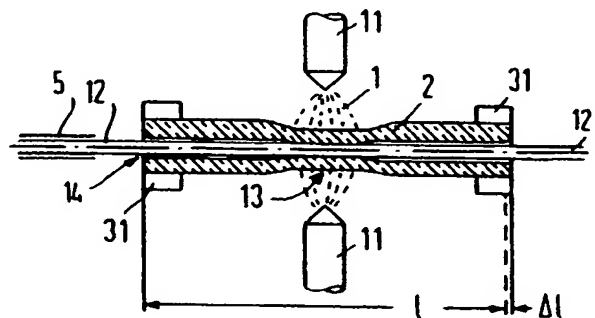
DE 41 02 459 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Bachl, Johann, 8000 München, DE

⑤4 Verfahren zur Herstellung einer Verbindung von Lichtwellenleitern

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren, mittels dem Lichtwellenleiter (12) fest oder lösbar miteinander gekoppelt werden können. Dies geschieht, indem die Lichtwellenleiter (12) jeweils von entgegengesetzten Seiten in eine Glaskapillare (2) eingefädelt sind und an einer Koppelstelle (13) stirnseitig miteinander gekoppelt werden. Das Verfahren sieht vor, daß an dieser Koppelstelle (13) die Glaskapillare durch gezieltes Erwärmen bis zu ihrem Erweichungspunkt kollabiert wird. Erfindungsgemäß wird dieses Kollabieren mechanisch unterstützt, indem die Glaskapillare (2) bei Erreichen des Erweichungspunktes an der erwärmten Stelle um eine vorgegebene Länge ( $\Delta l$ ) gezogen oder um einen vorgegebenen Durchmesser ( $\Delta d$ ) gedrückt wird oder daß beides zusammen durchgeführt wird. Damit läßt sich die Wärmebelastung der Verbindung reduzieren und die Form der Glaskapillare (2) an der Koppelstelle (13) nach dem Kollabieren kann gezielt beeinflußt werden.



DE 41 02 459 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer festen oder lösbaren Verbindung von Lichtwellenleitern, wobei eine Glaskapillare die stirnseitig gekoppelten Lichtwellenleiter an der Koppelstelle aufnimmt und die Glaskapillare durch örtliches Erhitzen bis zu ihrem Erweichungspunkt kollabiert wird.

Bisher verwendete Verfahren zur Herstellung einer festen Verbindung von gekoppelten Lichtwellenleitern (Spleiß) sehen den Einsatz von Verschweißungen der Faserenden der Lichtwellenleiter, die Klebtechnik an der Koppelstelle oder das Kollabieren einer Kapillare vor, die die Lichtwellenleiter aufnimmt.

In der DE-OS 26 57 687 wird ein Verfahren beschrieben, bei dem eine Glashülse kollabiert wird. Hier wird ein dauerhaftes Kuppeln zweier im Bereich der Koppelstelle von einem Überzug befreiten Lichtwellenleiter erzielt, wobei diese an den entgegengesetzten Enden einer Glashülse mit einer entsprechend großen Bohrung eingeführt werden. Diese Glashülse wird örtlich erhitzt, so daß sie an einer bestimmten Stelle erweicht und auf den oder die Lichtleiter aufschumpft. Durch das Aufschumpfen sind die zu koppelnden Lichtleiter aufeinander ausgerichtet.

Ein ähnliches Verfahren wird in der US-PS 40 78 910 beschrieben. Hier werden ebenso stirnseitig gekoppelte Glasfasern durch eine kollabierte Glashülse miteinander verbunden. Die Glashülse hat einen niedrigeren Schmelzpunkt als die Glasfasern.

Lösbare Verbindungen von Lichtwellenleitern werden nach dem Stift/Hülse-Prinzip oder als Linsenstecker ausgeführt. Zur Einbettung der Lichtwellenleiter wird das Fixieren mittels Klebstoff in Kapillaren oder in V-Nuten, das formschlüssige Klemmen, das Umgießen mit gefülltem Kleber oder das Verlöten mit Weichlot angewandt. Eine an der Koppelstelle der Lichtwellenleiter im wesentlichen von Zusatzstoffen freie Verbindung wird durch die Verwendung einer Glaskapillare hergestellt, wobei diese kollabiert wird. Dies bezieht sich jedoch im Stand der Technik ausschließlich auf feste Verbindungen von Lichtwellenleitern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung sowohl einer festen, als auch einer lösbaren Verbindung von Lichtwellenleitern zur Verfügung zu stellen, bei dem die Wärmebelastung der Lichtwellenleiter beim Kollabieren der Glaskapillare minimiert wird und ein vorgegebener Innendurchmesser der Glaskapillare einstellbar ist.

Die Lösung dieser Aufgabe geschieht anhand des kennzeichnenden Teiles des Anspruchs 1.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß eine an der Koppelstelle der Lichtwellenleiter auf ihren Erweichungspunkt erhitzte Glaskapillare beschleunigt kollabiert werden kann, indem die Glaskapillare gleichzeitig mechanisch verformt wird. Die Glaskapillare kann sowohl um eine vorgegebene Länge gezogen, als auch um einen vorgegebenen Durchmesser gedrückt werden, oder es können beide Verfahrensweisen zusammen angewendet werden. Damit wird die Wärmebelastung der Lichtwellenleiter wesentlich erniedrigt. Das Kollabieren der Glaskapillare geschieht damit wesentlich genauer bzw. ist genauer steuerbar. Insbesondere kann hier ein vorgegebener Innendurchmesser der Glaskapillare gezielt eingestellt werden. Bei einer festen Verbindung zwischen Lichtwellenleitern kollabiert die Glaskapillare derart, daß durch das Zusammendrücken an der Koppelstelle die bereits in der Glaskapillare be-

findlichen und auf Stoß liegenden Lichtwellenleiter gegeneinander ausgerichtet werden. Zur Herstellung einer steckbaren Verbindung für Lichtwellenleiter wird die Glaskapillare auf einen Innendurchmesser kollabiert, der geringfügig größer ist, als der Außendurchmesser der Lichtwellenleiter (blanke Faser).

Das Ziehen der Glaskapillare kann durch jeweiliges Einspannen der Glaskapillare auf gegenüberliegenden Seiten der Koppelstelle bzw. Erweichungszone in eine Einspannvorrichtung geschehen, wobei mittels dieser Vorrichtung die Glaskapillare um eine vorgegebene Länge in axialer Richtung auseinandergezogen werden kann.

Zur Verminderung des Durchmessers der Glaskapillare um einen gewünschten Durchmesser werden in vorteilhafter Weise zwei gegeneinander wirkende Stempel um einen bestimmten Betrag, der dem vorgegebenen Durchmesser entspricht, in bezug auf die Glaskapillare radial gegeneinander bewegt. Dadurch erfährt die Glaskapillare an der Koppelstelle eine definierte Querschnittsverringering.

Vorzugsweise kann ein auf den Lichtwellenleitern befindlicher Überzug mittels eines Klebstoffes an den Enden der Glaskapillare mit diesen verklebt werden, wobei sich innerhalb der Glaskapillare kein Überzug auf den Lichtwellenleitern befindet.

Zur Konzentration der Energieeinbringung an der Koppelstelle wird als Wärmequelle ein elektrischer Lichtbogen verwendet.

Mit einer Koppelhülse kann die gegenseitige Zentrierung der an der Koppelstelle getrennten Kapillare erzielt werden. Zum Schutz des Überganges der Lichtwellenleiter aus den Kapillarenenden werden Schutzhülsen eingesetzt, die gleichzeitig die Kapillare selbst schützen. Im folgenden werden anhand von schematischen Figuren Ausführungsbeispiele beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine Glaskapillare 2, die mittels eines Lichtbogens 1 erwärmt wird und um eine vorgegebene Länge  $\Delta l$  gezogen wird

Fig. 2 zeigt eine Glaskapillare 2 in einer Halterung 32

Fig. 3 zeigt eine im Querschnitt durch zwei gegeneinander wirkende Stempel 4 zusammengedrückte Glaskapillare 2

Fig. 4 zeigt eine feste oder lösbare Verbindung zweier Lichtwellenleiter 12

Fig. 5 zeigt eine lösbare Verbindung zweier Lichtwellenleiter 12

In der Fig. 1 wird eine Glaskapillare 2 in einer Halterung 31 gelagert und gehalten und nach der Erwärmung an der Koppelstelle 13 mittels eines zwischen zwei Elektroden 11 gezündeten Lichtbogens 1 um eine vorgegebene Länge  $\Delta l$  gezogen. Die Glaskapillare 2 mit der Länge 1 wird dabei im wesentlichen in axialer Richtung gezogen. Der Lichtwellenleiter 12 ist in dem Bereich, der sich innerhalb der Glaskapillare 2 befindet, von einem Überzug 5 befreit, so daß die blanke Glasfaser vorliegt. Zum Einfädeln der Glasfaser 12 ist die Glaskapillare 2 an ihren Enden 14 geringfügig aufgeweitet. Dies geschieht unter Wärmeeinwirkung mittels einem Dorn oder durch Ätzen.

Eine Glaskapillare 2 kann aus Quarzglas bestehen, das einen Erweichungspunkt von ca. 1700°C aufweist. Hier wird vorzugsweise Vycorglas verwendet. Dies enthält 4% Bortrioxid, Aluminiumtrioxid und Chromtrioxid. Diese Glassorte besitzt einen Erweichungspunkt, der ca. 170°C unter dem von Quarzglas liegt. Die Ausdehnungskoeffizienten von Quarzglas und Vycorglas sind fast identisch. In diesem Zusammenhang ist auf die

großen Vorteile der gesamten Materialpaarung einer erfindungsgemäßen Verbindung von Lichtwellenleitern hinzuweisen, da alle hier verwendeten Materialien fast den gleichen Ausdehnungskoeffizienten besitzen.

Die Fig. 2 zeigt eine ähnliche Darstellung wie die Fig. 1, wobei hier die Halterung 32 lediglich die Lagerung der Kapillare 2 gewährleisten muß. Die Erwärmung der Koppelstelle geschieht durch eine geeignete Wärmequelle, die wie dargestellt, ein Lichtbogen 1 sein kann. Autogene Verfahren sind ebenso möglich. Das Kollabieren selbst wird durch die mechanische Verformung verursacht oder ausgelöst. Somit muß die Energieeinbringung über einen Lichtbogen 1 nicht derart lange geschehen, daß das Kollabieren selbständig abläuft. Die Wärmebelastung wird entsprechend geringer und das Kollabieren mit den mechanischen Hilfsmitteln ermöglicht eine gezielte Durchmesserverringerung der Glaskapillare 2.

Die Fig. 3 zeigt zwei gegeneinander wirkende Stempel 4, die vorzugsweise aus keramischem Material bestehen. Die Glaskapillare 2 wird um einen vorgegebenen Durchmesser  $\Delta d$  zusammengedrückt, indem an der Koppelstelle 13 nach der Erwärmung der Glaskapillare 2 bis zum Erweichungspunkt die Stempel 4 in der abgebildeten Art und Weise auf die Glaskapillare 2 drücken. Dazu wird beispielsweise die Glaskapillare 2 mittels der Halterung 32 aus dem Wirkungsbereich des Lichtbogens 1 herausgeschwenkt und in den Wirkungsbereich der Stempel 4 gebracht. Der in Fig. 3 angedeutete Betrag des vorgegebenen Durchmessers  $\Delta d/2$  kann nicht maßstäblich ausgewertet werden, da hier eine zweckmäßige Ausformung der Stempel 4 dargestellt ist. Dies beinhaltet auf der einen Seite einen Stempel 4 mit einer weitestgehend ebenen Wirkungsfläche und einen gegenüberliegenden Stempel 4 mit einer Wirkungsfläche, die die Form einer V-Nut aufweist. Wichtig für das Verfahren ist lediglich die insgesamt durch mechanische Verformung erzielbare Verringerung des Durchmessers  $\Delta d$  um den vorgegebenen Durchmesser  $\Delta d$ .

Mit den erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich Monomode- und Multimode-Lichtwellenleiter verbinden. Eine feste Verbindung, beispielsweise ein Spleiß, wird in der Regel mittels mechanischer Verformung durch Drücken hergestellt. In diesem Fall werden die stirnseitig aneinanderstoßenden Lichtwellenleiter 12 durch die Verformung gegenseitig aufeinander ausgerichtet. Durch die Methode des Drückens läßt sich grundsätzlich ein genauerer Innendurchmesser der Kapillare 2 einstellen. Es ist von Vorteil, daß ein kleinerer Bereich der Kapillare 2 zu erwärmen ist. Bei der Methode des Ziehens um einen vorgegebenen Betrag  $\Delta l$  muß die Kapillare 2 am Koppelbereich sehr genau erwärmt werden. Die Einstellung eines bestimmten gewünschten Innendurchmessers der Glaskapillare 2, der reproduzierbar einzustellen ist, erfordert bei beiden Verfahren Vorversuche. Dabei sind die Art der Erwärmung, die Materialien und die vorgegebene Länge  $\Delta l$ , Durchmesser  $\Delta d$ , um die gezogen/gedrückt werden muß, aufeinander abzustimmen. Die aus den Vorversuchen gefundenen Einstellwerte zur Erzielung eines genauen Innendurchmessers gelten für Ausgangsmaterial aus einer Ziehcharge mit gleichem Innen- und Außendurchmesser. Zur Kopplung von Monomode-Lichtwellenleitern können beide Verfahren angewandt werden. Beim Drücken ist der Durchmesser genauer reproduzierbar und beim Ziehen die Verformung in axialer Richtung.

In der Fig. 4 ist eine feste Verbindung zwischen zwei Lichtwellenleitern 12 dargestellt, wobei die Glaskapilla-

re 2 an der Koppelstelle 13 kollabiert wurde. Zur Zugentlastung ist beidseitig der Überzug 5 mittels eines Klebstoffes 8 mit der Glaskapillare 2 verbunden worden. Eine Zentrierhülse 9 und die Schutzhülse 7 dienen zum sicheren Einfädeln und zentralen Positionieren der Lichtwellenleiter 12 innerhalb der Glaskapillare 2. Dabei ist die Zentrierhülse 9 zweckmäßigerweise mit den Adern 6 verbunden und an jeder Seite der Glaskapillare 2 wird der jeweilige Lichtwellenleiter 12 bis zur Koppelstelle 13 eingeführt. Eine Schutzhülse 7 wird nach der Verbindung der Lichtwellenleiter übergezogen. Bei einer lösbaren Verbindung fehlt der Klebstoff 8, aber Zentrierhülsen 9 dienen als Abstandshalter.

Die Fig. 5 zeigt eine lösbare Verbindung von Lichtwellenleitern 12. Diese stoßen ebenfalls an der Koppelstelle 13, an der die Glaskapillare 2 durch Kollabieren ihre hier dargestellte Form erhalten hat, stirnseitig aneinander. Die Glaskapillare 2 ist hier an ihren Enden 14 ebenfalls zum besseren Einfädeln aufgeweitet worden. Der beidseitige Aufbau entspricht prinzipiell dem der Fig. 4, wobei jedoch die Zentrierhülse 9 nicht berücksichtigt wurde. Die Lichtwellenleiter 12 besitzen einen im Bereich der Glaskapillare 2 entfernten Überzug 5, der mittels eines Klebstoffes bei einer lösbaren Verbindung einseitig mit der Glaskapillare 2 verbunden ist. In den meist aus Kunststoff bestehenden Adern 6 sind die Lichtwellenleiter 12 mit ihrem Überzug 5 locker geführt. Für eine derartige steckbare Verbindung wird zweckmäßiger Weise ein Kollabieren der Glaskapillare 2 durch Ziehen unterstützt. Dazu wird jeweils ein Lichtwellenleiter in eine Glaskapillare 2 eingeführt, diese wird erwärmt, kollabiert und wird mit dem Lichtwellenleiter verbunden. Daran anschließend wird jeweils etwa in der Mitte des entstandenen Kopplungsbereiches 13 die Glaskapillare 2 geritzt und gebrochen und das jeweils belegte Ende wird poliert. Nach dem stirnseitigen Koppeln und dem Verkleben der Glaskapillaren 2 mit dem Überzug 5 werden die Schutzhülsen 7 übergeschoben und ebenfalls mit der Glaskapillare 2 und den Adern 6 verklebt. Als Koppelhülse 10 dient ein gezogenes Rohr 10, bei dem die Toleranz des Innendurchmessers mit den Toleranzen des Außendurchmessers der Glaskapillare 2 derart abstimmbare sind, daß diese lösbare Verbindung für multimode Lichtwellenleiter einsetzbar ist. Mit einer derartigen Verbindung ist auch die Ankopplung an andere optische Komponenten oder integrierte Optiken leicht durchführbar.

Bei der Herstellung einer der Verbindungen entsprechend der Fig. 4 und 5 wird allgemein so vorgegangen, daß die Verbindung durch Kollabieren der Glaskapillare 2 hergestellt wird, wobei das Kollabieren mechanisch unterstützt wird, die so ausgerichteten Lichtwellenleiter 12 mit ihrem Überzug 5 an den Enden 14 der Glaskapillare 2 mit einem Klebstoff 8 fixiert werden und anschließend die Schutzhülse 7 übergeschoben und mit den Adern 6 durch Kleben oder Klemmen verbunden wird. Beim mechanischen Unterstützen der Kollabierung ist es zur Erreichung gewünschter Werte bezüglich des Innendurchmessers der Glaskapillaren 2 nach der Kollabierung empfehlenswert, mit eingefädeltm Lichtwellenleiter 12 zu arbeiten. Damit können die geometrischen Verhältnisse der Glaskapillare 2 an der Koppelstelle 13 nach der Kollabierung sukzessive auf gewünschte Werte eingestellt werden.

Eine Verbindung entsprechend der Fig. 4 kann auch steckbar ausgeführt werden, indem die Schutzhülse 7 an der Koppelstelle 13 halbiert ist und statt des Klebstoffes 8 die Zentrierhülse 9 jeweils eingesetzt ist. Mit einem

derartigen Konzept können steckbare Verbindungen für Monomode-Lichtwellenleiter hergestellt werden, die Dämpfungswerte von weniger als 1 dB aufweisen. Es kann auch mit durchgehender Schutzhülse 7 aufgebaut werden, wobei die Zentrierhülse 9 als Abstandshalter dient.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Verbindung von Lichtwellenleitern (12) an einer Koppelstelle (13), an der eine Glaskapillare (2), die die stirnseitig gekoppelten Lichtwellenleiter (12) aufnimmt, durch örtliches Erhitzen bis zum Erweichungspunkt kollabiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Kollabieren durch gleichzeitiges mechanisches Verformen am Erweichungspunkt der Glaskapillare (2) unterstützt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Glaskapillare (2) mechanisch verformt wird, indem sie um eine vorgegebene Länge ( $\Delta l$ ) in axialer Richtung gezogen wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Glaskapillare (2) im Bereich der erhitzten Koppelstelle (13) mechanisch verformt wird, indem sie durch zwei gegeneinander wirkende Stempel (4) um einen vorgegebenen Durchmesser ( $\Delta d$ ) radial zusammengedrückt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein auf den Lichtwellenleitern (12) im Bereich der Koppelstelle (13) entfernter Überzug (5) an Enden (14) der Glaskapillare (2) mittels eines Klebstoffes (8) fixiert wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Wärmequelle zum Erhitzen der Koppelstelle (13) ein zwischen zwei Elektroden (11) gezündeter Lichtbogen (1) verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zum Schutz der Glaskapillare (2) und der Verbindung der Lichtwellenleiter (12) eine Schutzhülse (7) oder eine Koppelhülse (10) übergeschoben und fixiert wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

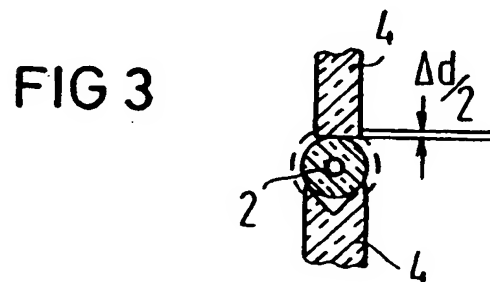
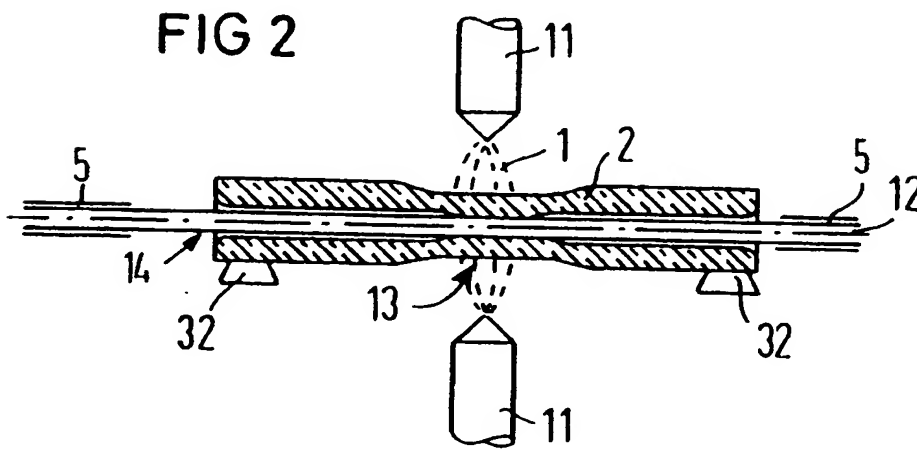
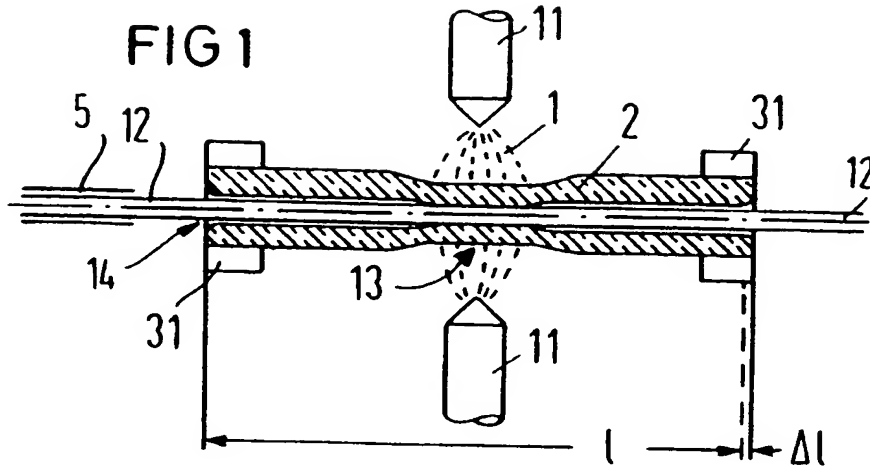


FIG 4

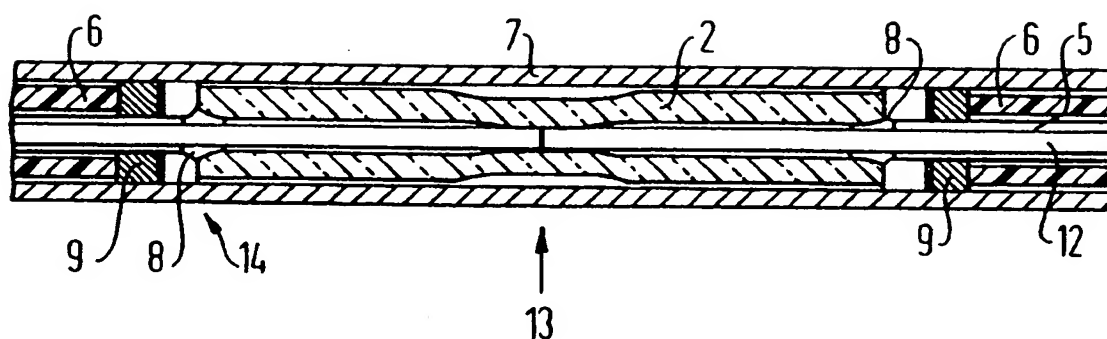


FIG 5

